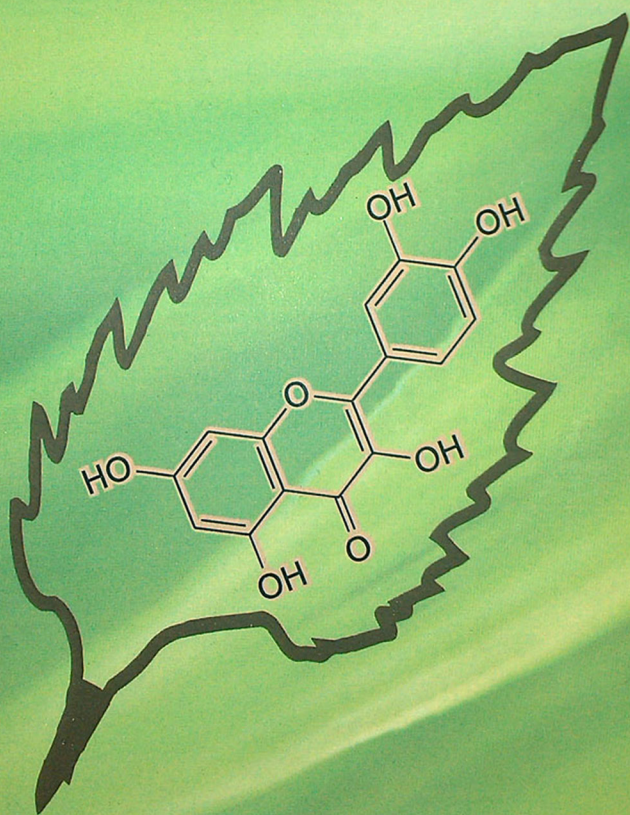


РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ:

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ



Москва, 20-25 апреля 2015 года

МАТЕРИАЛЫ IX МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ

Сердюк М.Е.

Таврический государственный агротехнологический университет,
Мелитополь, Украина, +38(067)1633371, igorserduk@mail.ru

В современных условиях на первый план выходит задача обеспечения населения не только стандартными и вкусными плодами, но и полезными, с высоким содержанием ценных компонентов, которые обуславливают их пищевую и физиологическую ценность [1].

Среди плодовой продукции яблоки пользуются наибольшим спросом у населения и потребляются в свежем виде практически круглый год. Их питательные достоинства обусловлены сравнительно высоким содержанием биологически-активных веществ. В работе Karl Herrmann [2] было отмечено, что в яблоках найдено большое количество фенольных соединений, и они обладают более сильным антиокислительным действием по сравнению с другими плодами и овощами, такими как апельсины, грейпфруты, морковь, шпинат, лук и зеленый перец.

Однако, общеизвестно, что при хранении и консервировании плодов значительная часть биологически активных веществ, в том числе и фенольных, разрушается [3]. Поэтому проблема прогнозирования содержания фенольных соединений в плодах яблони в зависимости от погодных факторов является актуальной для перерабатывающей промышленности.

Целью наших исследований было научное обоснование влияния погодных факторов на процесс накопления фенольных веществ в яблоках и создание математической модели прогнозирования их содержания.

Исследования проводились в 2003-2012 годах в Мелитопольском районе Запорожской области. С целью изучения влияния погодных факторов на содержание фенолов в плодах яблони использованы ежедневные метеорологические данные за период с 2003 по 2012 гг. собранные на Мелитопольской метеостанции. Для исследования были выбраны плоды яблони четырех сортов, внесенных в Государственный реестр сортов растений пригодных для распространения в Украине: Айдаред, Голден Делишес, Ренет Симиренко, Флорина. Плоды собирали с деревьев, типичных для сорта и одного возраста. Агрофон на

опытном участке удовлетворял требованиям агротехники. Содержание фенольных веществ определяли по стандартным методикам [4]. Статистическую обработку результатов выполняли с помощью компьютерной программы Microsoft Office Excel 2003 и пакета «Statistica 6».

Таблица 1.

Динамика фенольных веществ при созревании плодов яблони (среднее 2011 – 2012 гг.)

Сорт	Содержание фенольных веществ по этапам исследований, мг/100г			
	60 суток до уборки	30 суток до уборки	10 суток до уборки	уборка плодов
Айдаред	272,36±27,65	247,49±22,13	238,94±20,09	236,12±21,55
Голден Делишес	222,54±2,67	244,72±24,36	205,07±48,72	200,07±47,56
Ренет Симиренко	257,77±32,77	244,01±3,16	233,18±12,34	220,06±13,80
Флорина	282,22±6,48	251,38±2,32	228,43±17,43	224,97±17,98
НСР ₀₅	1,17			

Таблица 2.

Содержание фенольных веществ в плодах яблони съемной степени зрелости (2003-2012 гг.)

Сорт	Среднее значение, мг/100г	min max	Коэффициент вариации, V, %
Айдаред	225,42±38,02	166,50 270,79	16,9
Голден Делишес	207,03±38,99	156,66 264,50	18,8
Ренет Симиренко	173,44±49,01	111,30 238,60	28,3
Флорина	163,75±63,44	63,09 241,28	38,74
Среднее по сортам	192,41±52,96	63,09 270,79	27,5
НП ₀₅	2,04		

В процессе роста и созревания плодов фенольные соединения претерпевают существенные изменения. Максимальное количество фенолов содержат незрелые и не полностью сформированные плоды (табл. 1). Для плодов яблони сорта Голден Делишес это наблюдается на 30 сутки, а для плодов других исследованных сортов на 60 сутки до уборки. При

достижении яблоками съемочной степени зрелости количество фенольных веществ в них снижается.

Результаты десятилетних исследований позволяют утверждать, что среднее содержание фенольных веществ в яблоках съемочной степени зрелости, которые выращены в условиях Южной степной зоны Украины находится на уровне 192,41 мг/100 г (табл. 2). Среди исследованных сортов, самый высокий уровень фенолов зафиксирован в яблоках сорта Айдаред, а минимальный - сорта Флорина.

Таблица 3.
Результаты корреляционного анализа влияния погодных факторов на содержание фенолов в плодах яблони (2003 - 2012 гг.)

Обозн.	Погодный фактор	Коэффициент корреляции
X ₁	Сумма эффективных температур (СЭТ) выше 10°C	0,89±0,16
X ₂	Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период	- 0,77±0,23
X ₃	Среднегодовая относительная влажность воздуха (ОВВ)	- 0,81±0,21
X ₄	Количество осадков за вегетационный период	- 0,72±0,24
X ₅	Средняя температура последнего месяца формирования плодов	0,75±0,24
X ₆	Сумма активных температур последнего месяца формирования плодов	0,77±0,23
X ₇	Абсолютная максимальная температура последнего месяца формирования плодов	0,75±0,24
X ₈	Абсолютная минимальная относительная влажность воздуха последнего месяца формирования плодов	-0,67±0,27

Существенное влияние на величину анализируемого показателя имели погодные условия вегетационного периода, о чем свидетельствуют коэффициенты вариации. Наибольшее влияние абиотических факторов на содержание фенольных веществ было зафиксировано для плодов сорта Флорина. Коэффициент вариации (V) почти 39%. Наиболее устойчивым к воздействию погодных условий года, оказался сорт Айдаред, коэффициент вариации у которого сравнительно низкий (16,9%). Следует отметить, что при коэффициентах вариации 12 ... 18% изменчивость вариационного ряда принято считать средней, в то время, как для отраслей хранения и переработки плодовой продукции особенно ценными считаются сорта с низкой

изменчивостью анализируемого показателя по годам ($V \approx 12\%$).

Дисперсионной анализом подтверждено, что на накопление фенольных веществ в яблоках практически одинаковое влияние имеют погодные факторы (фактор А) и взаимодействие факторов А и В (сорт). Доля влияния погодных факторов (А) составляет 37,3%, фактора сорта (В) - 22,7%, а взаимодействия факторов А и В - 39,9%.

Для выявления погодных факторов, которые оказывают наибольшее влияние на содержание фенольных соединений в плодах яблони был проведен корреляционный анализ. Погодные факторы, с которыми установлена сильная корреляционная связь, приведены в таблице 3.

Установленные коэффициенты корреляции свидетельствуют о том, что рост температурных показателей сопровождается повышением содержания фенольных соединений в плодах яблони съёмочной степени зрелости, а при увеличении показателей увлажнённости (суммы осадков, ГТК, ОВВ), содержание фенолов уменьшается. Таким образом, температурный стресс вызывает компенсаторное повышение содержания фенолов в плодах вследствие формирования адаптивного ответа культуры.

На основании результатов множественного корреляционного и регрессионного анализов получено следующее уравнение зависимости уровня фенольных соединений в плодах яблони от погодных факторов (с вероятностью 95%):

$$Y = 1161,252 + 0,213X_1 + 474,973X_2 - 18,450X_3 - 1,057X_4 - 16,162X_5 + \\ + 0,662X_6 - 6,317X_7 + 1,034 X_8$$

где Y - содержание фенольных веществ в плодах яблони, мг / 100г;
 $X_1, X_2 \dots X_8$ - погодные факторы, приведенные в табл. 3.

При этом, коэффициент множественной корреляции (R) равен 0,99, коэффициент детерминации (R^2) - 0,99, скорректированный коэффициент детерминации - 0,91, критерий F(8,1) - 12,277, уровень значимости - 0,217, при стандартной ошибке оценки - 10,146.

Оценка вышеприведенного уравнения показала, что в целом оно является статистически значимым, но отдельные коэффициенты уравнения являются незначительными (табл. 3). При проведении обоснованного отбора факторов для включения в уравнение, нами были выявлены и исключены из уравнения те факторы, которые в незначительной степени влияют на результат, а также коллинеарные. Итоговое уравнение приняло вид:

$$Y = 0,099X_1 + 0,241X_6 - 136,236$$

где Y - содержание фенольных веществ в плодах яблони, мг / 100г;
 X_1 , X_6 - погодные факторы, приведенные в табл. 3.

При этом, коэффициент множественной корреляции (R) равен 0,95, коэффициент детерминации (R^2) - 0,90, скорректированный коэффициент детерминации - 0,87, критерий $F(2,7)$ - 32,329 уровень значимости - 0,00029, при стандартной ошибке оценки - 11,938.

Частный коэффициент эластичности фактора X_1 (среднегодовая СЭТ выше 10 °С) равна 0,93, а X_6 (САТ последнего месяца формирования плодов) - 0,77, что свидетельствует о наиболее весомом влиянии среднегодовой суммы эффективных температур выше 10 °С на процесс накопления фенольных веществ в плодах яблони в условиях Южной степной зоны Украины.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что основными погодными факторами, которые оказывают наиболее существенное влияние на процесс накопления фенольных соединений в плодах яблони в условиях Южной степной зоны Украины являются сумма активных температур последнего месяца формирования плодов и среднегодовая сумма эффективных температур выше 10°С, с доминирующим влиянием последнего фактора.

Список литературы

1. Причко, Т. Г. Характеристика стресс-факторов и их влияние на товарное качество плодов [Электронный ресурс] / Т. Г. Причко // Плодоводство и виноградарство Юга России. Тематический сетевой электронный научный журнал СКЗНИИС и В. – 2011. – №12(6). – 12 С. – Режим доступа: [www/URL: http://journal.kubansad.ru/pdf/11/06/06.pdf](http://journal.kubansad.ru/pdf/11/06/06.pdf).
 2. Herrmann, K. Gesundheitliche Bedeutung von antioxidativen Flavonoiden und Hydroxyzimtsäuren im Obst und in Fruchtsäften [Text] / K. Herrmann // Flüssiges Obst. – 1999. – № 10. – P. 566-570.
 3. Bononi, M. Stabilization of cranberry anthocyanins in nutraceutical capsules [Text] / M. Bononi, F. Tateo // Int J Food Sci Nutr. – 2007. – Vol. 58, № 2. – P. 142–149. doi:10.1080/09637480601154061.
 4. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений [Текст] / Х.Н. Починок. – К.: Наукова думка, 1976. – 334 с.
-